第64卷 第6期 天 文 学 报 Vol. 64 No. 6
2023年11月 ACTA ASTRONOMICA SINICA Nov., 2023

doi: 10.15940/j.cnki.0001-5245.2023.06.011

中外大学天文学教材评述*

李向东[1,2†]

(1 南京大学天文与空间科学学院 南京 210023)
(2 现代天文与天体物理教育部重点实验室 南京 210023)

摘要 大学天文学是高校天文学专业最重要的专业基础课程, 主要讲授天文学的基础知识和发展全貌, 具有覆盖面广、知识点多的特点. 教材的质量对于帮助学生理解天文学的基本原理和方法、提高学术水平和科学素养起到关键作用. 对于非天文学专业的学生和天文爱好者, 天文学教材也是拓展科学知识和认知宇宙的重要途径. 我国的大学天文学教材建设与欧美发达国家相比在数量和质量上还有不小差距. 梳理了国内外较有代表性的大学天文学教材, 评述其特色、优势和有待改进之处, 比较中外教材在内容和写法上的异同. 通过分析国外优秀教材的编著理念、方法和技巧, 为我国未来天文学教材建设提供参考建议.

关键词 天文教育, 大学天文学, 教材建设, 专业建设
中图分类号: P1-4; **文献标识码**: A

1 引言

天文学在人类认识宇宙的过程中是无可争议的带头学科, 天文学的创新水平已成为各国特别是大国综合实力的重要标志. 进入21世纪以来, 我国的天文教育事业取得了突飞猛进的发展. 截至2020年11月, 我国有23所大学开展天文学教育和研究, 其中18所大学成立了天文系、天文与空间科学学院或物理天文学院等, 12所大学设有天文学本科专业, 7所大学具有一级博士点, 9所大学具有一级硕士点, 学生总数共计3300余人[1].

教材是课程教学之本. 天文学教材提供了系统的天文学知识框架和基础概念, 帮助学生理解天文学的基本原理和方法, 掌握实际应用和解决问题的能力. 此外, 优秀的天文学教材可以激发学生对天文学的兴趣和热爱, 了解自然界的规律和奥秘, 感受到科学的美妙和深邃. 这不仅可以提高学生的学术水平和科学素养, 还可以培养学生的创新思维和探索精神. 对于非天文学专业的学生和天文爱好者来说, 阅读天文学教材也是拓展科学知识和认知宇宙的重要途径. 因此, 编写高水平的天文学教材既可以促进天文学教育发展, 也可以提升整个社会的科学素质.

大学天文学(或普通天文学、基础天文学等)是高校天文学专业最重要的专业基础课程, 主要讲授天文学的基础知识和发展全貌, 是后行专业课程的先导, 对巩固学生的专业思想、培养科学素养十分重要. 尽管大学天文学不涉及艰深的专业知识, 但具有覆盖面广、知识点多的特点, 对编著者提出了较高的要求. 近二十多年来, 我国出版了一些大学天文学方面的教材, 但与国际同类教材相比, 无论在数量还是质量上均有不小差距. 本文对国内外比较有代表性的大学天文学教材进行梳理和比较, 为

2023-07-23收到原稿, 2023-08-21收到修改稿
*教育部高等教育中外教材比较项目及江苏省高等教育教学改革研究课题资助
†lixd@nju.edu.cn
[1]方成, 曲立安. 我国高校天文学科调研报告. 2020

我国未来天文学教材建设提供建设性参考意见.

本文选择的国外教材有如下七本:《Astronomy Today》[1]、《Foundations of Astronomy》[2]、《The Cosmic Perspective》[3]、《Fundamental Astronomy》[4]、《The Physical Universe: An Introduction to Astronomy》[5]、《An Introduction to Modern Astrophysics》[6]、《Astrophysics in a Nutshell》[7]. 国内教材有如下四本:《天文学教程》[8]、《天体物理学》[9]、《天体物理概论》[10]、《天文学新概论》[11].

上述7本英文教材大体可以分为三类. 第1–3本教材主要面向具有高中物理基础的大学生和天文爱好者, 一般作为大学天文通识课程的教材, 但由于国内天文学普及程度不高, 天文学专业的新生对天文的了解不多, 所以也常用来作为大学天文学的参考书. 第5–7本教材主要面向具有理科背景的大学生, 特别是物理学专业和天文学专业的学生, 涉及较多物理概念和理论推导. 第4本教材内容的深度和难度介于两者之间.

2 国外通识类大学天文学教材评述

上述第1–3本教材尽管在内容和编排上有所差异, 但总体结构和表现形式相对一致, 以下以《Astronomy Today》为例介绍它们的特点.

《Astronomy Today》由美国Person Education出版, 在国内外均有一定的知名度, 其中文版《今日天文》已经由机械工业出版社出版. 作者Eric Chaisson和Steve McMillan分别是哈佛大学和德雷塞尔大学的天文学资深教授, 有较高的学术造诣.

全书分为四部分二十八章, 共800多页, 内容覆盖现代天文学的主要领域. 第一部分介绍天文学的基础知识、发展历史和研究方法, 特别是电磁辐射的产生过程; 第二部分介绍太阳系行星、太阳系的形成和系外行星的知识; 第三部分介绍恒星结构和演化方面的内容, 包括太阳的基本性质、恒星的分类、星际介质与恒星形成、恒星演化与爆发、中子星与黑洞等; 第四部分介绍星系与宇宙学知识, 包括银河系、河外星系、宇宙大尺度结构、宇宙演化历史和宇宙中的生命等, 按照由小到大、由近及远的顺序来编排章节内容. 这种思路在大学天文学教材中比较常见, 但也有不少教材(如《Foundations of Astronomy》)将太阳系和系外行星系统的内容安排在全书的最后. 两种方式各有优缺点. 第一种方式符合人们对天体的认知顺序, 从人们比较熟悉的太阳系入手, 逐渐延伸到恒星、星系等相对陌生的领域, 缺点是由于太阳系行星和系外行星部分的内容知识点多且发展较快, 对初学者来说, 如果缺乏恒星知识的基础, 要建立关于行星形成演化的物理图像有一定的困难. 第二种方式在逻辑上思路更加清晰. 在介绍辐射基本知识后自然过渡到最近、最重要的辐射天体—恒星, 缺点是太阳系部分的安排如果处理不好会造成与其他内容的割裂. 一个比较合适的方式是将太阳系和系外行星的内容安排在恒星形成之后, 以恒星系统的形成自然引入对行星系统结构与起源的介绍.

由于面向对象为非天文专业大学生和天文爱好者, 该教材的内容以描述性介绍为主, 基本上没有复杂的数学公式. 作者主要依靠定性的推理和类比来解释复杂的物理概念, 力图给读者提供一幅关于宇宙和天体的整体的物理图像. 为了达到上述目标, 该教材在设计和编排方面做了很多努力, 其特点总结如下.

(1)重视对内容的归纳和总结

为了帮助读者理解和掌握教材内容, 在每章开篇给出本章的“学习目标”和“全景”介绍. 前者通常是列出本章五、六个核心知识要点, 与每章结尾的“小结”相互参照, 帮助读者在学习后测试对知识的掌握程度; 后者则是提纲挈领地概括本章的内容, 让读者理解章节内容之间的相互联系. 在每章结尾给出简明扼要的“小结”, 其中涉及的重要概念用粗体显示, 并链接到正文中的相关位置.

(2)重视内容和表达方式的有机结合

绚丽的天文图片是不少大学天文学教材的一大特色. 但该教材在可视化方面不是简单地展示天文图片, 而是将它们和物理概念图或想象图结合起来, 直观地呈现天文现象和过程, 并且标注拍摄该照片对应的光谱波段. 在正文中通过例题强化对天文概念和现象的理解, 通过“概念剖析”提供进一步思考的问题. 针对正文中定性或量级估算的结果, 采用“加框文字”提供更加细致的分析结果和拓展

性知识. 在正文的结尾, 以本章中介绍的材料为基础, 提出一个开放性的问题, 旨在激发读者对天文研究中悬而未决问题的好奇心, 鼓励读者在更广阔的知识层面上进行推测和思考.

(3)重视习题训练

为了测试对知识的掌握程度, 加深对课程内容的理解, 每章提供了大量的、多种形式的习题, 包括思考与讨论题(问答题)、自测题(选择题)、计算题和实践题(团队和个人项目)等.

此外, 由Ian Morison编著、Wiley出版的《Introduction to Astronomy and Cosomology》也较有特色. 它在结构上比较简洁, 没有太多的公式、彩图和框图等辅助展示手段, 主要借助浅显的叙述介绍天文学基础知识和研究进展, 用代数方法估计重要物理量的大小, 给读者以直观的印象, 并加深对天文学概念的理解. 相比于上面提到的三本教材, 该书的习题量偏少.

3 国外专业类大学天文学教材评述

3.1 《An Introduction to Modern Astrophysics》

绝大部分国外大学天文学教材是为通识课程服务的, 面向物理学和天文学专业的教材相对较少.《An Introduction to Modern Astrophysics》是市面上比较少见的、以大学物理知识为基础, 全方位介绍天文学知识的教材. 因其近1500页篇幅和橙色封面在西方学界称为The Big Orange Book. 全书共有30章, 前6章介绍天球、天体力学、辐射、望远镜的基本知识, 然后进入恒星观测、恒星大气、恒星内部、恒星形成与演化等12章, 接下来的5章介绍太阳系和行星系统形成, 最后是7章关于星系和宇宙学的内容. 它的整体框架与其他通识类教材相比没有显著差别, 但内容的广度和深度有较大提高.

该书最重要的特点是, 不仅有大量对天体和天体现象的描述性内容, 更注重借助大学物理和数学知识剖析这些现象背后的物理过程, 以及如何通过研究天文现象加强对物理知识的理解并进行拓展. 在介绍基础知识的同时展示研究历史和前沿进展, 并在每章的末尾提供进一步的阅读材料, 包括基础性的和专业性的文献.

在进行理论推导和数值演算时, 在大部分情况下采用量级估算的方法以简化物理图像, 让读者更好地掌握物理思想、理解重要物理参数的影响, 同时结合例题加深对涉及知识点的理解.

该书用两章的篇幅专门介绍狭义相对论和量子物理, 因此对物理学与天文学专业的高年级本科生和研究生更加适用. 如果以该书作为本科生教材使用, 一般至少需要6–8个学分和2–3个学期的时间, 这对教师和学生都是个挑战. 事实上该教材的衍生品—可以独立使用的恒星分册和星系与宇宙学分册, 就是为了解决内容过多、篇幅过长的问题. 但另一方面, 由于该书的内容覆盖了几乎所有天体物理的知识, 它也提供了一种新的教学思路, 即将数门独立的天体物理专业课程如大学天文学、恒星物理、星系物理、宇宙学等整合为一门大课进行讲授, 其优点不仅在于可以消除不同专业课程中重复性的内容、节约时间, 更可以帮助学生建立对天体物理整个学科的系统性认识.

该书的习题数量丰富且有一定难度, 主要分为两类, 一类是证明题和计算题, 另一类是数值计算题, 并提供了相应的代码.

该书的不足在于, 由于体系庞大, 有些章节(尤其是后半部分章节)主线不够清晰, 各节之间的关联不够明显. 可能与作者的知识面和研究兴趣有关, 有些章节的知识点介绍过于详细, 有些则较为简略, 内容之间的平衡似可提高.

3.2 《Astrophysics in a Nutshell》

相比于《An Introduction to Modern Astrophysics》, 以色列特拉华夫大学Dan Maoz编写的《Astrophysics in a Nutshell》不到300页的篇幅显得短小精悍. 这本书主要面向物理学和天文学专业三年级的学生. 内容既简明扼要, 又覆盖了现代天体物理学的主要领域和重要前沿.

尽管该书要求读者具备相当的物理基础, 但在介绍天文学知识时并没有采取冗长的数学推导和复杂的物理分析; 相反作者更多地采用简化分析和量级估算, 即所谓的“在信封背面的计算”. 可以看出这是大学天文学教材的普遍特点. 但在必要的情

况下也会给出精确分析或计算的结果, 或者以习题的形式要求读者进行推导和讨论.

该书的写作理念和方式值得称道, 即利用有限的篇幅选择性地介绍重要内容, 在学习中强调物理概念和量级分析. 缺点是覆盖内容不够全面, 不同主题的讲述深浅不一. 在介绍知识点时往往直奔现代视角下的主题, 略去了研究过程的介绍, 导致读者可能知其然而不知其所以然.

3.3 《The Physical Universe: An Introduction to Astronomy》

《The Physical Universe: An Introduction to Astronomy》是著名华裔天文学家徐遐生编著的一本大学天文学教材, 在西方高校中曾经有较大的影响力. 全书分为四部分: 一、基本原理, 主要介绍物理学预备知识; 二、恒星, 包括太阳、恒星内部、恒星演化、双星和星团的知识; 三、星系和宇宙学, 包括星际介质、银河系、河外星系、星系团和宇宙学的知识; 四、太阳系和生命, 包括太阳系的构成和起源、地球上的生命、地外生命与文明等知识.

本书最大的特点是, 不仅介绍天体是什么, 而且从物理的角度介绍为什么是这样. 特别强调微观的物理过程如何决定或影响宏观天体的性质, 从而展现宇宙中物理规律的统一性, 即科学之美. 作者利用广博的知识面和对物理的深刻理解深入浅出地阐述天文学的发展, 对研究历程和重要历史人物的介绍也非常生动.

为了让该书适用于更大的读者群, 作者在正文中穿插了不少问题和习题. 没有理科背景的学生可以略去这些问题和习题直接阅读正文, 并不影响全文的整体性和流畅性, 而理科专业学生可以通过研读例题和解答习题来获得对天体现象与过程更加深刻的理解.

该书的不足在于出版时间较早(1982年), 一直没有修订和更新. 尽管其中的经典内容十分精彩, 但与学科发展现状已经有不小距离. 有些内容或过时、或不再准确、或缺失. 尽管如此, 该书依然是大学天文学课程重要的参考书.

3.4 《Fundamental Astronomy》

与以上介绍的教材相比, 《Fundamental Astronomy》的深度介于通识和专业之间. 它预设的读者群是不满足于了解天文学浅显知识的资深天文爱好者(当然也包括大学生). 因此, 除了一般性的知识介绍外, 该书还力图提供数学和物理知识在天文学上的应用范例.

相比于其他专业类教材, 该书花了三章的篇幅介绍天球坐标系、时间系统和天体力学, 这在国外大学天文学教材中比较少见. 尽管这部分内容相对繁琐枯燥, 但对于未来开展天文学研究十分重要. 该书的另一个特点是提供了较多的例题, 对理解正文中的知识很有帮助.

该书的不足是, 尽管书中正式作者有5人, 但实际参与编写的人员有12人, 导致全书的风格和水平不完全一致. 总体来说, 对天体力学和天体测量部分的介绍无论在内容还是表述方面都优于天体物理部分, 后者的个别内容(如恒星演化结局)甚至出现了原则性错误.

4 国内大学天文学教材评述

4.1 《天文学教程》

《天文学教程》(上、下)是南京大学天文学专业长期使用的普通天文学课程教材. 1988年出版第一版, 2003年出版第二版, 在国内高校中有一定的影响. 该书作为教材需要分两学期讲授, 对应7–8学时. 上册内容包括: 绪论、天球坐标和时间计量系统、天体的辐射和天文观测、地球和月球、行星和卫星的运动、行星科学、太阳系小天体和太阳系起源、太阳; 下册内容包括: 恒星的一般性质、变星和致密星、双星、星团、星云和恒星演化、银河系、星系和宇宙. 该书内容覆盖天体测量、天体力学和天体物理的主要领域, 这在上世纪八九十年代国内同类教材中是比较少见的(在内容和篇幅上与其相当的是北京师范大学刘学富编著的《基础天文学》). 该书的天球坐标和时间计量系统部分涉及较多的球面三角等知识, 其他部分以描述性内容居多, 对涉及的物理机制也进行简要介绍.

该书是中国学者编著的第一本比较系统的大学天文学教材, 结构完整、数据详实, 在长期使用中为天文人才培养做出了重要贡献. 其不足在于以下几方面: 由于出版年代较早且修订不够及时, 部分内容已经过时; 天体物理部分的结构编排不是特别合理, 每章基本上以天体现象介绍为主, 缺少对天体物理性质和方法的深入阐述; 没有提供例题和习题, 不利于学生自学和巩固所学知识.

4.2 《天体物理学》

由北京师范大学李宗伟和肖兴华编写的《天体物理学》是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材. 该书共十章, 比较全面地介绍了天文学的全貌, 涉及天体物理学的绝大部分重要领域. 在2012年第二版中大幅修订了星系天文学和宇宙学方面的内容, 做到与时俱进. 此外也介绍了21世纪以来天文学研究的一些重要进展, 特别是Ia型超新星和宇宙学、银河系、河外星系等. 该书注重用简练的公式推导和量级估计来建立物理图像, 每章提供了习题以及参考答案.

受篇幅所限, 该书在部分章节的写法上偏向于采用综述和总结的形式, 缺少例题, 初学者使用可能有一定难度, 因此更加适合有一定天文学基础的读者. 另外, 太阳系外行星部分放在银河系这一章中显得有些突兀.

4.3 《天体物理概论》

由中国科学技术大学向守平编写的《天体物理概论》是“十一五”普通高等教育本科国家级规划教材. 该书的定位是基于大学普通物理的概念和知识, 系统介绍宇宙各主要层次的结构特征和形成演化的物理过程, 突出基本物理概念和物理图像, 尽可能避免繁琐的数学推导. 在侧重基础的同时, 对一些前沿热点问题也进行了适当的介绍和讨论, 同时把天文学发展史上的一些重要事件结合到课程内容之中, 使读者能够比较具体地了解探索宇宙奥秘的过程.

该书篇幅较短, 除第一章绪论外, 主体部分只有六章, 包括基本天体物理量及其测量、恒星的形成与演化、致密星、星际物质、星系和宇宙学简介, 似可以适当扩展.

4.4 《天文学新概论》

由南开大学苏宜编写的《天文学新概论》是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材. 该书面向非天文专业的大学生, 适合作为通识课程教材, 有一定的社会影响. 全书分为十二章, 共500多页, 因此, 在实际授课时只能选用部分内容. 该书具有如下几个特点: (1)第一章花了近40页介绍宇宙概观, 给读者提供天文学发展的整体图象; (2)尽管是通识课程教材, 书中还是适当给出一些重要的公式和推导, 并用不同字体描述拓展性内容, 方便学有余力的读者自学; (3)介绍了天球坐标系和时间计量等知识, 在其他同类教材中较为少见; (4)书中穿插了不少天文掌故, 特别是中国天文学的发展历史, 可以激发读者对天文的兴趣.

本书的不足是结构编排不尽合理. 第七章“当代天文学新视野”和第八章“20世纪60年代四大天文发现”在内容上相对独立, 与前后内容缺少逻辑上的联系; 第六章“星系”安排在恒星结构与演化内容之前, 值得商榷.

5 中外教材的比较与讨论

通过对比上述中外教材可以发现, 尽管近几十年来天文学研究取得了突飞猛进的发展, 大学天文学教材的知识体系基本没有大的变化, 主要由天文观测方法与手段、行星系统、恒星、星系与宇宙四部分组成. 不同教材的篇幅和侧重点不同, 但基本框架是类似的.

与西方(主要是欧美)出版的教材相比, 我国大学天文学教材在数量和质量上处于全方位落后的状态. 这一方面说明我国高校教师对教材编写缺乏热情和投入, 需要改革和完善对教师的评价机制; 另一方面, 编写高质量教材对教师的业务水平也提出了很高的要求.

以下简要总结国外高水平教材普遍具有的特色和优点, 这对我国高校教师未来编写相关教材可以提供参考和借鉴.

1. 理念. 虽然国外通识和专业教材在广度和难度上有较大差异, 其理念是基本一致的, 即通过对

天文现象的介绍和剖析, 帮助读者了解天体过程, 理解背后的物理规律, 建立清晰的物理图像, 训练科学思维.

2. 内容. 国外教材通常内容丰富而且表达方式多样化, 将基础知识与学科发展前沿相联系, 注重知识的迭代更新, 及时再版, 例如《Astronomy Today》在2017年已经出版了第9版.

3. 结构. 国外通识课教材在章节结构安排上比较用心. 往往以一条主线建立各章之间的联系, 每章提供学习目标和总结, 通过例题和习题强化和拓展读者对知识的理解.

4. 方式. 在介绍概念的时候善于从读者易于接受的角度入手, 常常结合例题形象生动地讲解, 尽量用简单的方式描述复杂理论, 大量使用图文、表格和加框文字. 它们既是对正文内容的细化和补充, 也帮助读者理解和掌握重点和难点. 通识课教材一般图文并茂, 以提高读者的兴趣; 专业课教材则较多配置概念图和想象图, 帮助读者建立物理图像.

5. 质保. 为了保证教材的质量, 国外教材出版前一般要经过多位专家的审阅.

6. 资源. 为了与时俱进, 不少教材同时为教师和学生分别提供线上辅助教学和学习资源, 方便讲授和自学.

需要指出的是, 中外大学天文学教材也存在一些共性问题. 在强调目标导向时, 对如何以问题为牵引、从学习者的角度设计课程体系和内容关注不够、着力不多, 主要反映在以下两方面:

1. 无论是国内还是国外, 无论是通识课程还是专业课程, 大学天文学教材的读者群往往都是对天文学知识了解不多的初学者. 从认知的角度来说, 问题驱动的教学方式更容易激发学生的兴趣、加深他们对知识的理解. 然而, 国内外的教材大都强调体系完整、结构清晰, 以模块化的方式处理知识单元, 对于科学问题的来龙去脉反而交代得不够清楚. 读者在学习的过程中虽然可以掌握知识和方法, 却未必清楚前人的思考和探究过程, 对如何传承创新思想和科学文化还研究得不够深入.

2. 天文学是一门不断发展的学科. 在教材中既要向读者介绍基础知识, 也要让读者了解本学科的发展趋势和研究热点, 还要让他们知晓目前存在的重要科学问题, 以激发读者的学习热情和求知欲, 目前绝大部分教材对后者的重视仍然不足.

参考文献

[1] Chaisson E, McMillan S. Astronomy Today. London: Pearson Education, 2017

[2] Seeds M A, Backman D E. Foundations of Astronomy, United States: Brooks/Cole, 2011

[3] Bennett J O, Donahue M O, Schneider N, et al. The Cosmic Perspective. Pearson Education, 2016

[4] Karttunen H, Kröger P, Oja H, et al. Fundamental Astronomy. Berlin: Springer, 2016

[5] Shu F. The Physical Universe: An Introduction to Astronomy. New York: University Science Books, 1982

[6] Carrol B W, Ostlie D A. An Introduction to Modern Astrophysics. London: Pearson Education, 2014

[7] Maoz D. Astrophysics in a Nutshell. Princeton: Princeton University Press, 2016

[8] 胡中为, 朱慈盛. 天文学教程. 北京: 高等教育出版社, 2003

[9] 李宗伟, 肖兴华. 天体物理学. 北京: 高等教育出版社, 2012

[10] 向守平. 天体物理概论. 北京: 中国科技大学出版社, 2008

[11] 苏宜. 天文学新概论. 北京: 科学出版社, 2005

A Reivew of Chinese and Foreign "University Astronomy" Textbooks

LI Xiang-dong[1,2]

(1 School of Astronomy and Space Science, Nanjing University, Nanjing 210023)
(2 Key Laboratory for Modern Astronomy and Astrophysics, Ministry of Education, Nanjing 210023)

Abstract "College Astronomy" is the most important basic course for students of astronomy specialty, providing the whole picture and development of astronomy. The quality of astronomy textbooks plays a key role in helping students understand the basic principles and methods of astronomy, improve their academic standards and scientific literacy. For non-astronomy students and amateur astronomers, reading astronomy textbooks is also an important way to expand their scientific knowledge and understand the universe. Compared with Western developed countries, there is still a big gap in quantity and quality in "University Astronomy" textbooks in China. This paper sorts out the representative textbooks of "University Astronomy" at home and abroad, and reviews their characteristics, advantages and areas for improvement. It also compares the similarities and differences in the content and writing methods between Chinese and foreign textbooks. By analyzing the concepts, methods and skills of writing excellent foreign textbooks, this work tries to provide constructive suggestions for the future construction of astronomy textbooks in China.

Key words astronomy education, university astronomy, textbook construction, speciality construction